

## 干潟堆積物形成に関する有機物動態に関する研究

著者	慎 祐?
号	53
学位授与番号	4164
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/42578">http://hdl.handle.net/10097/42578</a>

氏 名	しん う そく 慎 祐 爽
授 与 学 位	博士 (工学)
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻
学 位 論 文 題 目	干潟堆積物形成に関わる有機物動態に関する研究
指 導 教 員	東北大学教授 西村 修
論 文 審 査 委 員	主査 東北大学教授 西村 修      東北大学教授 大村 達夫 東北大学教授 田中 仁      東北大学准教授 中野 和典

## 論文内容要旨

干潟は陸域と海域の境界に形成され、河川からの淡水流入や潮汐による干満で、塩分、温度、水没・干出などの環境因子が短時間の内に急激に変化するため、他の水圏環境に比べると生物の生育・生息環境としては厳しく、出現する生物の種類数は少ないことが指摘されている。しかし、干潟では河川および海域から栄養塩類やデトリタスが供給されるため、底生生物の個体数やバイオマスは極めて高いという特性がある。

一方、干潟は人間による開発の影響を受け、広大で遠浅な地形は、古くから埋立てや干拓の適地として人為的地形改変(堰、堤防および都市建設など)により面積の減少を招いた。このような干潟の消失と環境多様性の減少は、干潟生物に大きなダメージを与えている。

干潟の底生生態系に関して様々な研究が行われているが、特に干潟堆積有機物は底生生物の種類や量に作用して底生生態系に影響することが知られている。すなわち、堆積有機物の量・質は、干潟底生生態系における重要な環境要因であり、干潟の保全・再生・創出にあたって目標とする干潟の生物相を制御するための主要な因子として活用できる可能性が高い。

そこで本研究では、干潟堆積物形成に関わる現象の把握と機構の解明のために、近接して存在する砂質、砂泥質、泥質の干潟を対象とした周年の調査から季節変動特性を解析した。また、堆積有機物及びその起源となる有機物の分解性評価とバクテリアが利用する堆積有機物起源の解明を行った。

第1章「緒論」では、本研究の背景を述べ、干潟堆積有機物の動態研究の必要性をまとめ、本研究の目的について述べた。

第2章「干潟堆積物における有機物の動態に関する既往の研究」では、干潟における有機物の流出入、沈殿・巻上げといった物理化学的な輸送過程と、分解や生産といった生物学的な代謝過程より形成される堆積有機物の動態に関する既往の研究をまとめた。また、近年有機物の起源および食物連鎖解析に広く利用されている安定同位体や脂肪酸に関する既往の研究をまとめ、研究を進めるうえで重要と考えられる知見を整理し、課題を抽出し

た。

第3章「干潟における堆積有機物の起源とその特徴」では、宮城県仙台市七北田川河口干潟および潟湖干潟である蒲生干潟の底質の異なる3つのタイプの干潟において周年の現地調査を行った。そして、干潟堆積物の有機物量および起源の空間・時間的変動特性を解析し、異なる底質性状をもつ干潟間の有機物動態を比較した。

その結果、砂質干潟では堆積物の全有機炭素(TOC)含有量が8月に最も高い値を示し、Chl. aも最も高い値を示した。また、年間のデータではTOC含有量とChl. aに高い相関( $r=0.85$ )を示した。しかし、付着藻類由来のTOCについて炭素/Chl. a=30として計算すると、およそ3~16%と見積られ、8月のTOCの高い理由をChl. aのみで説明することは困難であった。他の指標を見ると8月炭素/窒素(C/N)比が高く、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ も高く、海洋性プランクトンの炭素・窒素安定同位体比に近いことから、比較的分解を受けていない海洋性粒状有機物(POM)の堆積が起こったものと考えられた。この原因としては、越波や高潮などの非日常的なイベントにより運搬された可能性が考えられた。

砂泥質干潟では堆積物のTOC含有量の変動幅が大きかった。TOC含有量、Chl. a、C/N比が最小の値を示した9月のデータは他の月と比べて非常に特徴的であり、 $\delta^{13}\text{C}$ が低く $\delta^{15}\text{N}$ が高い結果から、TOCが低下する中で海洋性POMが堆積したことが考えられる。この状態は、砂質干潟の平均的な堆積物性状に近く、砂質干潟の堆積物が、越波や高潮などのイベント的な事象で運ばれて堆積した可能性が示唆される。

泥質干潟の堆積物TOC含有量は6、10月に高く、両月とも堆積物を採集する直前に大雨による流量増加があり、安定同位対比の結果からも陸起源有機物のイベント的な堆積の影響が大きいものと考えられた。

年間を通じて砂質干潟の堆積有機物は付着藻類と海洋性POMが高い寄与率を示すこと、砂泥質干潟は河川性POMと海洋性POM、泥質干潟は河川性POMと陸上植物由来有機物の影響を強く受けていることが明らかになった。また、各干潟とも通常とは異なる起源の有機物がイベント的に堆積して有機物濃度が変化するものの、長期的には堆積有機物の起源からみても動的平衡を保っていることが分かった。

第4章「干潟における堆積有機物の分解特性評価」では、まず干潟堆積物およびその起源となる有機物の分解実験により堆積有機物の分解特性を評価した。干潟堆積物の起源として湿地植物(ヨシ)、大型藻類(アオサ)、微小付着藻類(珪藻)を選び、ヨシおよびアオサは乾燥させミキサーを利用して大きさを約1 mm粉末にしたものを、珪藻は培養したものを実験に用いた。また、仙台湾の表層水をバクテリアのみを通過させるためにGF/Cろ紙(450℃, 2h)でろ過した海水を利用し、ばっ気によって好気状態を維持し、水温 $20\pm1^\circ\text{C}$ 、暗条件とした。そして、堆積物中の有機物の分解速度を起源毎に推定するためにヨシ、アオサ、珪藻を代表するトロフィックマーカー脂肪酸を用いた。その結果、珪藻(20:5 $\omega$ 3)が最も分解速度が大きく、次いでアオサ(18:3 $\omega$ 3)、ヨシ(LCFA)の順であることが分かった。

また、3章の堆積有機物の現存量の情報と、4章の各有機物の分解速度、および生産量に関する既往の知見から各干潟の物理・化学的な流入の変動の結果を推定した。その結果、堆積有機物の(流入量-流出量)は砂質干

潟では $-10.8 \text{ mg-C/m}^2\text{-sediment/d}$ , 砂泥質, 泥質干潟ではそれぞれ $-543.6 \text{ mg-C/m}^2\text{-sediment/d}$ ,  $-331.8 \text{ mg-C/m}^2\text{-sediment/d}$ と求まり, 堆積有機物量が少ない砂質干潟では(流入量-流出量)の変動幅は小さかったが, 堆積有機物量の多い泥質干潟では大きな変動幅を示した. ここで示した(流入量-流出量)の結果は, 堆積有機物の物質収支に基づくものであり, 堆積物の状態変化から動態を解明する簡便な方法として活用できると考えられる.

一方, 表層堆積物 0.5 cm を採取して堆積物中の酸分解性有機炭素量, 酸難分解性有機炭素量を求めた結果を生物分解実験結果と比較して, 酸易分解性有機物は生物易分解性有機物の指標として利用できる可能性を示した. また, 流入有機物の起源として, 陸上植物(ヨシ), 海洋性 POM, 河川性 POM および底生微小藻類(珪藻)の酸分解性を調べた結果, 酸易分解性有機物を多く含む珪藻は分解しやすく, 酸難分解性有機物を多く含むヨシは分解しにくいことが示された. 干潟堆積物の TOC と酸易分解性有機物の傾向を求めた結果, TOC は泥質干潟で  $21.9 \text{ mg-C/g-dry}$ , 砂質, 砂泥質干潟でそれぞれ  $1.0 \text{ mg-C/g-dry}$ ,  $2.5 \text{ mg-C/g-dry}$  であり, 酸易分解性有機物も TOC と同じ傾向を示し, 泥質:  $4.7 \text{ mg-C/g-dry}$ , 砂泥質:  $1.3 \text{ mg-C/g-dry}$ , 砂質:  $0.5 \text{ mg-C/g-dry}$  と低くなった. しかし, TOC 中の酸易分解性有機物の割合は砂泥質(51.2 %), 砂質(50.6 %), 泥質(21.3 %)の順に低く, 泥質干潟では酸難分解性有機物の割合が高かった. さらに起源との関係をみると酸易分解性有機物は付着藻類と海洋性 POM との関連性が高く, 酸難分解性有機物は陸上植物由来有機物と高い関連性を示し, 干潟堆積有機物の酸分解性は簡便な起源解析の指標となることが示唆された.

第 5 章「バクテリアが利用する堆積有機物の起源推定」では, 干潟の堆積有機物を用いてバクテリアの培養実験を行い, バクテリアによる有機物の利用性の変化を有機物の起源との関係で解析した. 干潮時に砂泥質干潟の表層堆積物(0.5 cm 深さ)を採取し, 実験室にて温度を  $20 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 培養時間は 80 日まで培養した. その結果, バクテリアは初期には易分解性有機物である付着藻類と海洋性 POM を利用したが, 15 日以後からは難分解性有機物である陸上植物由来有機物も利用することが分かった. つまり, バクテリアは堆積有機物のうち分解性のよいものを選択的に利用し, 分解性の低いものを利用するのは他の有機物が利用できない環境下においてであることが分かった.

第 6 章「総括」では, 本研究で得られた知見を総括として示した.

以上のとおり, 本研究では自然干潟の保全, 人工干潟の合理的な設計および管理手法の確立のために, 堆積有機物の動態を起源から理解することが重要であることをまとめた.

しかし, 本研究ではイベント的な現象時の堆積有機物動態については調査を行っていない. 今後は, 本研究で対象としたような恒常性を有する干潟生態系において, 底質の有機物含有量の変動を長期にわたり観測し, その増減がイベント的な現象を含めてどのような時間スケールで繰り返されているのかを明らかにする必要がある. また, 有機物供給に関しては陸上で細分化してから河川に供給されて干潟に到達する物質や, 海洋から供給され

る溶存態有機物もかなり多い。これらが微生物連鎖の起点としてどの程度重要なのかも含めて、基本的には陸上と海洋由来の有機物に関する食物連鎖を通じたフローの観測について検討していく必要がある。

これらの課題が解決されれば、底質の有機物含有量を維持するための有機物輸送過程の制御条件もより明確なものとなり、自然干潟の保全、人工干潟の合理的な設計および管理手法の確立にさらに近づくものと考えられる。

# 論文審査結果の要旨

干潟の保全・創出において、堆積有機物は底生生物の種類や量に作用して生態系に影響する重要な因子である。しかし、干潟堆積有機物の動態については未解明の部分が多い。そこで本研究は、干潟堆積物形成に関わる現象の把握と機構の解明のために、近接して存在する砂質、砂泥質、泥質の干潟を対象とした周年の調査からの季節変動特性解析、堆積有機物及びその起源となる有機物の分解性評価とバクテリアが利用する堆積有機物起源の解明を行ったもので、全編6章からなる。

第1章「緒論」では、本研究の背景と目的について述べ、論文の構成を記した。

第2章「干潟堆積物における有機物の動態に関する既往の研究」では、干潟における有機物の物理・化学的な輸送過程と、生物学的な代謝過程、また安定同位体や脂肪酸の分析による有機物の起源と食物連鎖解析に関する既往の研究をまとめ、研究課題を抽出した。

第3章「干潟における堆積有機物の起源とその特徴」では、底質の異なる3つのタイプの干潟において現地調査を行い、砂質干潟の堆積有機物は付着藻類と海洋性粒状有機物(POM)が高い寄与率を示すこと、砂泥質干潟は河川性POMと海洋性POM、泥質干潟は河川性POMと陸上植物由来有機物の影響を強く受けていることが明らかになった。また、各干潟とも通常とは異なる起源の有機物がイベント的に堆積して有機物濃度が変化するものの、長期的には堆積有機物の起源からみても動的平衡を保っていることが分かった。これは新規かつ有用な知見である。

第4章「干潟における堆積有機物の分解特性評価」では、トロフィックマーカー脂肪酸を用いて堆積有機物の起源毎の分解実験を行い、珪藻、アオサ、ヨシの順で分解速度が大きいことを明らかにした。また、酸易分解性有機物は生物易分解性有機物の指標として利用できる可能性を示し、砂質干潟では全有機炭素に占める酸易分解性有機物の割合が高く、泥質干潟では酸難分解性有機物の割合が高いことを示した。これは重要な知見である。

第5章「バクテリアが利用する堆積有機物の起源推定」では、干潟堆積物を用いてバクテリアの培養実験を行い、バクテリアの安定同位体対比の経時変化から有機物起源毎に生物利用性を解析し、初期には付着藻類と海洋性POMを利用し、後半には陸上植物由来有機物を利用すること、すなわちバクテリアは堆積有機物を選択的に利用することがわかった。これは重要な知見である。

第6章「総括」では、本研究で得られた知見を総括として示し、自然干潟の保全、人工干潟の合理的な設計および管理手法の確立のために、堆積有機物の動態を理解することが重要であることをまとめた。

以上要するに本論文は、干潟堆積物形成に関わる有機物動態に関する研究で得られた新たな知見をまとめたもので環境工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。